بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸

حسگر پلاسمونیک با ریز ساختار تار نوری برای تشخیص نارسایی های معده

فاطمه آزادی، محسن حاتمی

F.azadi@sutech.ac.ir

شیراز، دانشگاه صنعتی شیراز، دانشکده فیزیک

چکیده – در این مقاله یک حسگر زیستی پلاسمونیک مبنی بر تار نوری ریز ساختار برای تشخیص نارسایی‌های معده انسان شبیه سازی شده است . این حسگر با استفاده ازیک شبکه شش ضلعی با ۱۴سوراخ هوا در یک تار پوشیده از لایه طلا ساخته می‌شود و در هنگام استفاده لایه‌ای از معده روی آنرا می‌گیرد. با استفاده از نرم افزار لومریکال، مدهای انتشاری و ثابت انتشار را برحسب ضریب شکست در محدوده ی متنا سب با جداره معده و نار سایی های معده به د ست آوردیم. برا ساس نتایج به د ست آمده با اندازه گیری ثابت انتشار می‌توان به جنس ماده مورد نظر در معده دست یافت و نارسایی های نقاط مختلف آنرا تشخیص داد.

کلید واژه- پلاسمونیک، ثابت انتشار، معده.

Plasmonic Sensor with Microstructure Optical Fiber for Stomach Failure Detection

Fatemeh Azadi, Mohsen Hatami

F.azadi@sutech.ac.ir, hatami@sutech.ac.ir

Faculty of Physics, Shiraz University of Technology, Shiraz, Iran

Abstract- In this paper a plasmonic biosensor based on microstructure optical fiber is simulated for detecting of human stomach failure. This sensor is made by a 14 air holes in a hexagonal lattice, gold-coated fiber and a layer of stomach surrounds sensor when is using. By using Lumerical software, we obtain propagation mode and propagation constant in terms of refractive index in the range of gastric wall and gastric failure. Based on the obtained results by measuring propagation constant, it can detect the failure of different parts of the stomach.

Keywords: plasmonic, propagation constant, stomach.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-16]

مقدمه

امروزه حسگر پلاسمونیک بر پایه تار نوری ریز ساختار[۱] مورد توجه دانشمندان و محققان این حوزه قرارگرفته است. مهمترین و اصلی ترین مزیت حسگرهای پلاسمونیک، ابعاد کوچک و قدرت تشخیص مواد مختلف با ضریب شکست‌های مختلف است. ضریب شکست نقش بسیار مهمی در تشخیص بین بافت‌های سالم و بدخیم انسان دارد. پلاسمونیک برای تشخیص تغییرات ضریب شکست با دقت بالا مورد استفاده قرار می گیرد، و ممکن است منجر به توسعه دستگاه های آندوسکوپی و تکنیک‌های ارزیابی جراحی شود. درپژوهش‌های اخیر[۲]، [۳] از حسگرهای پلاسمونیک استوانه‌ای برای شناسایی گروه‌های خونی انسان A, B, O و انواع بافت کبد انسان استفاده شده است. در این‌مقاله، می‌خواهیم حسگر پلاسمونیک ریزساختار تارنوری، را برای شناسایی نارسایی بافت معده انسان به کارببریم. و ضمن شبیه سازی و تحلیل رفتار آن، به بررسی تغییرات ثابت انتشار بر ضریب شکست پرداخته می شود.

مبانی نظری

شکل۱ تار نوری ریزساختار را نشان می دهد. این تار توسط یک هسته Sio2 با ۱۴سوراخ کوچک هوا در راس یک شبکه شش ضلعی ساخته شده، که بر روی آن لایه‌ای از طلا است در عمل سپس یک لایه از بافت معده انسان در اطراف این تار قرار می‌گیرد. در حسگر پلاسمونیک به دلیل وجود چند لایه یک میدان الکتریکی در فصل مشترک آن ایجاد می‌شود که مولفه x در لایه حسگر قوی‌تر از مولفه y است. در این حسگر دو نوع حالت تشدید بستگی به جهت‌گیری میدان الکتریکی دارد. که در شکل ۲ در قسمت الف،ب و ج نشان داده شده است. از طرفی تغییر در نوع ماده زیستی در سطح حسگر پلاسمونیک، باعث تغییر ضریب شکست شده و تغییرات ضریب شکست باعث تغییر در ثابت انتشار می‌شود همین مسئله اساس کارحسگر پلاسمونیک برای انواع مواد است. معادله حاکم بر انتشار میدان‌های الکترومغناطیسی در حالت کلی به شکل زیر است:

$$\nabla^2 E(x,y,z) + \frac{\varepsilon\omega^2}{c^2} E(x,y,z) = 0 \qquad (۱)$$

که برای میدان مغناطیسی نیز صدق می‌کند. و برای انتشار امواج در فیبر، وابستگی انتشار به صورت $e^{i\beta z}$ در نظر گرفته می‌شود، که در آن β ثابت انتشار است. و بنابراین:

$$\nabla_t^2 E(x,y) + \left(-\beta + \frac{\varepsilon\omega^2}{c^2}\right) E(x,y) = 0 \qquad (۲)$$

با حل این معادله ثابت انتشار و توزیع میدان به دست می‌آید.

محاسبات عددی

حسگر مورد بررسی برای اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی طراحی شده است، مانند اندازه گیری ضریب شکست بافت های معده که مقادیر آن‌ها در محدوده ی ۱/۳۶تا ۱/۴۵ قرار دارند[۴]. تارنوری ریزساختار از ۱۴ سوراخ کوچک هوا با شعاع های یکسان $r_1 = r_2 = \cdots = r_{14} = 0.6\mu m$ که در راس یک شبکه شش ضلعی استوانه ای به فاصله d=3μm قرار گرفته اند تشکیل شده است. و بر روی آن یک لایه نازک طلا به شعاع داخلی $r_{15} = 7\mu m$ و ضخامت 50nm قرار گرفته است. شایان ذکر است که نوع فلز و ضخامت آن جهت برانگیختن پلاسمون های سطحی حائز اهمیت می‌باشند. ضریب شکست طلا[۵]، با استفاده از جدول ۱ و جایگزاری در فرمول (۳) و (۴) به دست می آید:

$$\varepsilon_{DL}(\omega) = \varepsilon_\infty - \frac{\omega_D^2}{\omega(\omega + i\gamma_{D)}} - \frac{\Delta\varepsilon * \Omega_L^2}{(\omega^2 - \Omega_L^2) + i\Gamma_l\omega} \qquad (۳)$$

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

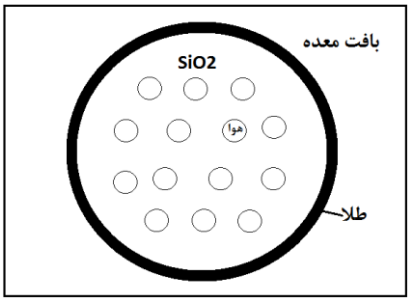
[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-16]

جدول ۱. مقادیر پارامترهای مورد استفاده برای بهینه‌سازی مدل‌های Drude-Lorentz است.[۴]

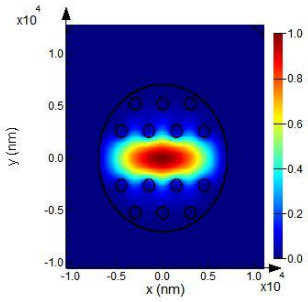
	ε_∞	$\frac{\omega_D}{2\pi}(TH$	$\frac{\gamma_D}{2\pi}(TH$	$\frac{\Omega_L}{2\pi}$	$\frac{\Gamma_L}{2\pi}(TH_z$	$\Delta\varepsilon$	φ
Drud-Lorentz	۵.۹۶۷ ۳	۲۱۱۳. ۶	۱۵.۹ ۲	۶۵۰.۰۷	۱۰۴.۸ ۶	۱.۰۹	۱۴.۵ ۲۱

$$n = \sqrt{\varepsilon} \qquad (۴)$$

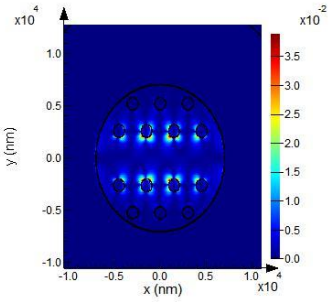
ضریب شکست $Si0_2$ با استفاده از فرمول sellmeier نوشته می شود.



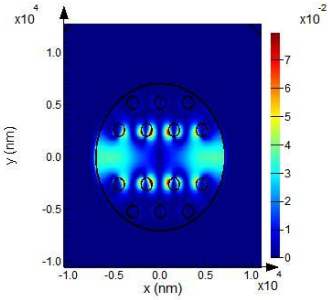
شکل۱: تـــــار نوری ریزساختار ساخته شده توسط۱۴ سوراخ هـــوای کوچک $(r_1 = r_2 = \cdots = r_{14} = 0.6\mu m)$که در راس یک شبکه شش ضلعی با فاصله $d=3\mu m$ قرارمی‌گیرند.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل۲: میدان الکتریکی برای الف مولفه x ، ب مولفه y ، ج مولفه z است، یک تارنوری ریزساختارساخته شده توسط۱۴سوراخ هوای کوچک= $(r_1 = r_2 = \cdots = r_{14} = 0.6\mu m)$که در راس یک شبکه شش ضلعی با فاصله $d=3\mu m$قرارمی‌گیرند.

برای شبیه‌سازی از نرم افزار لومریکال از بسته Mode solution استفاده می شود. حال می‌توان به ازای ضریب شکست n_{eff}، که نرم افزار می‌دهد، ثابت انتشار را با استفاده از فرمول ۵ محاسبه کرد، و شکل آن را مطابق شکل ۳ رسم کردیم.

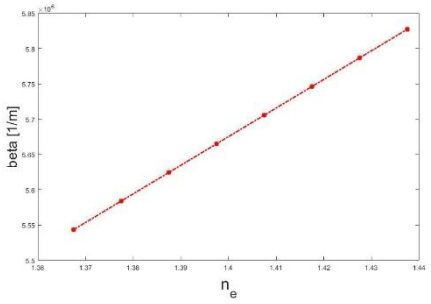
$$\beta = n_{eff}k \qquad (۵)$$

که :

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad (۶)$$

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-16]



شکل۳: تغییرات ثابت انتشار برحسب ضریب شکست موثر.

همان طور که در شکل ۳ دیده می شود، ثابت انتشار با ضریب شکست موثر رابطه مستقیم دارد. به عنوان مثال در ضریب شکست ۱/۳۶ مقدار ثابت انتشار ۵/۵۳ و در ضریب شکست۱/۴۲ این مقدار به ۵/۷۸ افزایش می یابد. عملا می-توان با قرار دادن این حسگر در نقاط مختلف معده و استفاده از تداخل گر ماخ زندر، ثابت انتشار را با دقت زیاد محاسبه کرد که با داشتن ثابت انتشار به ماده اطراف حسگر می‌توان پی برد.و سپس عملکرد این حسگر با رابطه:

$$S = \frac{-2\pi}{\beta^2} \times \frac{\Delta\beta}{\Delta n} \qquad (۷)$$

مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، که مقدار آن میزان حساسیت را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک حسگر پلاسمونیک بر پایه تار نوری، با یک لایه نازک طلا و۱۴ سوراخ کوچک هوا برای شناسایی نارسایی معده به کار رفته است. با استفاده از نرم افزار لومریکال مدهای انتشاری را بررسی کرده و ثابت انتشار برحسب ضریب شکست ساختارهای سالم و معیوب معده بدست آوردیم، عملا می‌توان با قرار دادن این حسگر در نقاط مختلف معده و استفاده از تداخل گر ماخ زندر، ثابت انتشار را با دقت زیاد محاسبه کرد و سپس با داشتن ثابت انتشار به ماده اطراف حسگر پی برد. طبیعی است برای یک معده سالم و یک معده معیوب ضریب شکست های متفاوتی خواهد داشت و بر این اساس می توان یک نوع ماده معیوب کننده نیز پی برد.

مرجع ها

[1] Popescu, V. A., N. N. Puscas, and G. Perrone. "Simulation of the sensing performance of a plasmonic biosensor based on birefringent solid-core microstructured optical fiber." *Plasmonics* 12.3 (2017): 905-911.

[2] Popescu, V. A. "Application of a plasmonic biosensor for detection of human blood groups." *Plasmonics* 12.6 (2017): 1733-1739.

[3] Popescu, V. A. "Application of a plasmonic biosensor for detection of human-liver tissues." *Plasmonics* 13.2 (2018): 575-582.

[4] Bashkatov, Alexey N., et al. "Optical properties of human stomach mucosa in the spectral range from 400 to 2000 nm: prognosis for gastroenterology." *Medical Laser Application*22.2 (2007): 95-104.

[5] Vial, Alexandre, et al. "Improved analytical fit of gold dispersion: Application to the modeling of extinction spectra with a finite-difference time-domain method." *Physical Review B* 71.8 (2005): 085416.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-16]